

**CONTENEUR POUR MATIERES RADIOACTIVES ET PROCEDE DE  
FERMETURE D'UN TEL CONTENEUR**

5

**DESCRIPTION**

**DOMAINE TECHNIQUE**

10                   La présente invention se rapporte à un  
conteneur pour matières radioactives telles que des  
déchets ou des matières nucléaires exothermiques, le  
conteneur étant essentiellement constitué d'un corps  
principal creux à l'intérieur duquel sont aptes à être  
15                   logées les matières radioactives, ainsi que d'un  
couvercle destiné à obturer le corps principal creux.

                  Par ailleurs, l'invention se rapporte  
également à un procédé de fermeture d'un tel conteneur.

                  L'invention trouve une application toute  
20                   particulière dans les domaines du traitement et du  
conditionnement de déchets nucléaires.

**ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE**

                  Dans ce domaine technique, plusieurs  
réalisations ont déjà été proposées.

25                   On connaît tout d'abord des conteneurs pour  
matières radioactives dont le corps principal creux et  
le couvercle sont assemblés par soudage. Si cette  
technique employée reste globalement satisfaisante pour  
des conteneurs réalisés en aciers ordinaires ou en  
30                   aciers inoxydables, elle n'est cependant pas adaptée à

des conteneurs réalisés en fonte, ce matériau étant pourtant souvent retenu en raison sa possibilité d'être obtenu par recyclage d'éléments métalliques très faiblement contaminés, provenant du démantèlement d'installations nucléaires.

En effet, seules des soudures de faibles épaisseurs, à savoir ne dépassant pas 5 à 6 mm, peuvent être envisagées sur de la fonte. Or de manière générale, les contraintes de conditionnement de matières radioactives imposent une soudure qui s'étend sur la pleine épaisseur du conteneur, qui est habituellement comprise entre environ 30 et 130 mm.

Par ailleurs, même dans le cas où le soudage est réalisé sur des matériaux réputés être de bonne soudabilité, les soudures obtenues sur des épaisseurs telles que celles mentionnées ci-dessus sont le siège de contraintes résiduelles importantes, pouvant être préjudiciables à la durabilité du conteneur. Dans un tel cas, les traitements thermiques de détensionnement opérés lors de la mise en œuvre de procédés de conditionnement de déchets nucléaires seraient difficilement réalisables, et pas totalement efficaces sur des fortes épaisseurs de paroi du conteneur.

Dans l'art antérieur, il a également été proposé d'interposer un joint métallique entre le couvercle et le corps principal creux assemblés par boulonnage, le joint étant conçu de façon à présenter des caractéristiques techniques satisfaisantes pendant une durée limitée, de l'ordre de quelques dizaines d'années. Néanmoins, outre l'existence d'une contrainte

de limitation dans le temps d'un tel joint métallique, cette solution s'avère peu performante lorsque le conteneur est entreposé dans un environnement corrosif. En effet, l'épaisseur de matière disponible à l'avancée  
5 du front de corrosion est faible, et réduit considérablement la période durant laquelle une étanchéité acceptable est conservée entre le couvercle et le corps principal creux du conteneur.

Pour remédier aux inconvénients cités ci-dessus, il a enfin été proposé, par le demandeur, un  
10 conteneur en fonte comportant un couvercle fixé par scellement sur le corps principal creux, par projection de plomb fondu dans une rainure formée par le couvercle et le corps principal creux de ce conteneur. Lors de la  
15 mise en œuvre d'une telle technique décrite dans le document FR-A-2 733 966, le plomb coulé se solidifie dans la rainure prévue à cet effet, et forme un élément de fixation solidarisant les deux composants principaux du conteneur. Notons que la solidarisation de ces  
20 éléments provient essentiellement de la géométrie particulière de la rainure, présentant au niveau du corps principal creux une surface latérale à deux portions inclinées par rapport à la verticale selon des angles aigus et opposés, de manière à créer un effet de  
25 coin empêchant le couvercle de se désolidariser du corps principal creux.

Cependant, il a été remarqué qu'avec un tel agencement, la liaison mécanique obtenue entre le couvercle et le corps principal creux du conteneur  
30 n'était pas totalement satisfaisante, provoquant ainsi des incertitudes quant à la présence d'une étanchéité

parfaite entre ces deux éléments, et par conséquent des doutes concernant la présence d'une isolation sûre des matières radioactives à l'intérieur du conteneur.

De plus, le joint en plomb obtenu n'est en  
5 aucun cas adapté pour supporter des températures élevées, et ne peut par conséquent pas autoriser le stockage de matières nucléaires exothermiques. En effet, la température de fusion du plomb n'étant que de 327°C, cette valeur fait alors office de limite à ne  
10 pas dépasser pour conserver un maintien mécanique entre les deux éléments principaux constituant le conteneur, cette valeur pouvant même être réduite en raison de la forte baisse des caractéristiques mécaniques du plomb au-delà d'une certaine température.

## 15 EXPOSÉ DE L'INVENTION

L'invention a donc pour but de proposer un conteneur pour matières radioactives comprenant un corps principal creux ainsi qu'un couvercle réalisés  
20 dans au moins un premier matériau métallique, le conteneur remédiant au moins partiellement aux inconvénients mentionnés ci-dessus relatifs aux réalisations de l'art antérieur.

Plus précisément, le but de l'invention est de présenter un conteneur dont la liaison mécanique et  
25 l'étanchéité entre le couvercle et le corps principal creux sont considérablement améliorées par rapport aux solutions déjà proposées.

Par ailleurs, le but de l'invention est de proposer un procédé de fermeture d'un tel conteneur.

30 Pour ce faire, l'invention a tout d'abord pour objet un conteneur pour matières radioactives

comprenant un corps principal creux ainsi qu'un couvercle réalisés dans au moins un premier matériau métallique, le couvercle étant susceptible d'être fixé sur le corps principal creux par l'intermédiaire de  
5 moyens de scellement réalisés dans un second matériau métallique coulé dans une rainure définie par le couvercle et le corps principal creux du conteneur. Selon l'invention, le couvercle et le corps principal creux sont solidarisés aux moyens de scellement à  
10 l'aide d'une zone de liaison, formée par réaction chimique entre les premier et second matériaux métalliques.

Avantageusement, la caractéristique essentielle de l'invention selon laquelle le second  
15 matériau métallique coulé dans la rainure est capable de réagir chimiquement avec chaque premier matériau métallique, permet la formation d'une zone de liaison constituée de composés intermétalliques assurant une véritable liaison métallurgique étanche entre d'une  
20 part les moyens de scellement, et d'autre part le couvercle et le corps principal creux du conteneur.

La fiabilité du maintien de façon étanche du couvercle sur le corps principal creux du conteneur est donc largement augmentée, notamment par rapport à  
25 la solution décrite dans le document FR-A-2 733 '966. En effet, les moyens de scellement prévus dans cet art antérieur prennent la forme de plomb coulé dans une rainure en fonte, cette dernière disposant d'une géométrie spécifique assurant le maintien du couvercle  
30 sur le corps principal creux, lorsque le plomb est solidifié dans la rainure. Or, contrairement au

conteneur selon l'invention, aucune réaction chimique ne se produit entre le plomb et la fonte en raison de l'inexistence de composés intermétalliques fer-plomb, cette propriété interdisant ainsi la présence de ce type de composés au niveau de l'interface entre les moyens de scellement et la rainure. Par conséquent, aucune liaison métallurgique rigide n'étant prévue entre d'une part les moyens de scellement et d'autre part le couvercle et le corps principal creux du conteneur, la liaison obtenue entre le couvercle et le corps principal creux n'est pas en mesure d'autoriser une résistance mécanique acceptable, ni même une étanchéité durable entre ces deux éléments principaux du conteneur.

Préférentiellement, chaque premier matériau métallique est du type fonte ou acier. De cette façon, le second matériau métallique peut être une fonte, du zinc ou l'un de ses alliages, de l'acier, ou encore de l'aluminium ou l'un de ses alliages.

Dans de tels cas, la zone de liaison peut alors être constituée d'alliages du type fer-carbone, fer-zinc ou fer-aluminium, ces matériaux étant capables d'assurer une parfaite résistance mécanique entre les moyens de scellement et les deux principaux éléments constitutifs du conteneur.

Par ailleurs, il est précisé que les matériaux métalliques indiqués ci-dessus, susceptibles d'être employés pour réaliser les moyens de scellement, disposent avantageusement d'une température de fusion plus élevée que celle du plomb utilisé dans l'art antérieur, et sont par conséquent capables de supporter

la présence de matières radioactives exothermiques à l'intérieur du conteneur. De plus, il est également précisé que même si certains matériaux comme le zinc et ses alliages disposent d'une température de fusion  
5 suffisamment élevée pour autoriser le stockage de matières radioactives exothermiques, la valeur de cette température permet néanmoins avantageusement d'envisager une réouverture du couvercle relativement aisée, à l'aide de moyens classiques susceptibles de  
10 provoquer la fusion des moyens de scellement.

Selon un mode de réalisation préféré de la présente invention, la zone de liaison dispose d'une épaisseur moyenne comprise entre environ 10  $\mu\text{m}$  et 5 mm, de sorte que la liaison mécanique engendrée entre le  
15 couvercle et le corps principal creux du conteneur est durablement résistante et étanche.

Pour accroître encore davantage cette liaison, il est possible de prévoir que le couvercle comporte une surface latérale extérieure définissant  
20 partiellement la rainure et comprenant deux portions adjacentes inclinées respectivement d'un angle  $\alpha$  et d'un angle  $\beta$  par rapport à une direction parallèle à un axe principal longitudinal du conteneur, les angles  $\alpha$  et  $\beta$  étant aigus et opposés afin d'obtenir un effet de  
25 coin.

D'autre part, l'invention a également pour objet un procédé de fermeture d'un conteneur pour matières radioactives comprenant un corps principal creux ainsi qu'un couvercle réalisés dans au moins un  
30 premier matériau métallique, le procédé comportant une étape de mise en place du couvercle sur le corps

principal creux du conteneur de manière à former une rainure entre ces deux éléments, suivie d'une étape de réalisation de moyens de scellement assurant la fixation du couvercle sur le corps principal creux du conteneur en coulant un second matériau métallique dans la rainure. Selon l'invention, on choisit le second matériau métallique de sorte qu'il soit apte à réagir chimiquement avec chaque premier matériau métallique, de manière à former une zone de liaison entre d'une part les moyens de scellement, et d'autre part le couvercle et le corps principal creux du conteneur.

De manière préférentielle, l'étape de mise en place du couvercle est suivie d'une étape de préchauffage du premier matériau constituant la rainure, cette dernière étape pouvant également être précédée d'une préparation des surfaces de la rainure.

De plus, il est possible de prévoir que l'étape de réalisation des moyens de scellement est précédée d'une étape de coulée en excès du second matériau métallique dans la rainure pendant une période déterminée, de manière à provoquer un chauffage du premier matériau métallique constituant la rainure, ainsi qu'un lavage des surfaces de cette rainure.

Préférentiellement, l'étape de réalisation des moyens de scellement par coulée du second matériau métallique dans la rainure est suivie d'une étape de chauffage de ce second matériau reposant dans la rainure, afin de favoriser la réaction chimique entre les premier et second matériaux métalliques.



D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront dans la description détaillée non limitative ci-dessous.

#### **BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS**

5                    Cette description sera faite au regard des dessins annexés parmi lesquels ;

- la figure 1 représente une vue schématique partielle en coupe d'une portion supérieure d'un conteneur pour matières radioactives, selon un  
10 mode de réalisation préféré de l'invention, et avant que les moyens de scellement aient été mis en place,

- la figure 2 représente une vue schématique partielle en coupe d'une portion supérieure du conteneur représenté sur la figure 1, après  
15 solidification des moyens de scellement dans la rainure, et

- la figure 3 représente une vue schématique en perspective d'un agencement particulier, permettant d'effectuer l'étape de réalisation des  
20 moyens de scellement du procédé de fermeture d'un conteneur selon l'invention.

#### **EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PRÉFÉRÉS**

En référence aux figures 1 et 2, il est représenté partiellement et schématiquement un  
25 conteneur 1 pour matières radioactives, selon un mode de réalisation préféré de la présente invention.

Sur ces figures, seule une partie de la portion supérieure du conteneur 1 est visible, ce conteneur 1 étant de forme sensiblement cylindrique de  
30 section circulaire, mais pouvant bien entendu adopter

toute autre forme compatible avec le domaine technique considéré.

Le conteneur 1 comprend un corps principal creux 2, définissant un espace 4 à l'intérieur duquel  
5 peuvent être logées les matières radioactives, telles que des déchets nucléaires exothermiques. De plus, le conteneur 1 comporte un couvercle 6 susceptible d'être emboîté dans le corps principal creux 2, de manière à obtenir un espace 4 totalement fermé.

10 L'espace 4, préférentiellement de section circulaire, est délimité d'une part à l'aide d'une surface latérale 8 et d'un fond (non représenté) formés par le corps principal creux 2, et d'autre part à l'aide d'une surface supérieure 10 formée par le  
15 couvercle 6, ce dernier ainsi que le corps principal creux 2 étant disposés de façon coaxiale.

Comme ceci est visible sur les figures 1 et 2, le corps principal creux 2 et le couvercle 6 disposent respectivement de surfaces de contact  
20 annulaires 12 et 14, permettant l'arrêt en translation du couvercle 6 par rapport au corps principal creux 2, lors de l'emboîtement de ces deux éléments 2 et 6. Par ailleurs, les surfaces de contact 12 et 14 sont de préférence conçues afin que le couvercle 6 puisse être  
25 logé dans le corps principal creux 2 sans faire saillie en dehors de celui-ci, et que leurs surfaces supérieures respectives 13 et 15 se situent sensiblement dans un même plan perpendiculaire à un axe principal longitudinal (non représenté sur ces figures)  
30 du conteneur 1.

Bien entendu, il est possible de prévoir un jeu 16 entre la surface latérale 8 de l'espace 4 et un cylindre 18 constituant la partie inférieure du couvercle 6, de manière à faciliter l'introduction de ce couvercle 6 dans le corps principal creux 2 du conteneur 1. A titre d'exemple, le jeu 16 peut être de l'ordre de 0,5 mm.

Plus spécifiquement en référence à la figure 1, sur laquelle le conteneur 1 est représenté alors que le couvercle 6 n'a pas encore été fixé sur le corps principal creux 2, celui-ci présente dans sa portion supérieure une surface latérale intérieure 20, tandis que le couvercle 6 présente une surface latérale extérieure 22. Lorsque le couvercle 6 est mis en place sur le corps principal creux 2, les surfaces latérales 20 et 22 adjacentes et continues forment une rainure 24 s'étendant de préférence tout autour de l'axe principal longitudinal du conteneur 1 selon une section horizontale variable, cette rainure 24 étant ouverte sur l'extérieur de ce conteneur 1. Il est précisé que la rainure 24 pourrait naturellement s'étendre que partiellement autour de l'axe principal longitudinal du conteneur 1, par exemple pour former des portions de rainures espacées angulairement, sans sortir du cadre de l'invention. Au même titre, notons que la rainure 24 peut également être réalisée de façon à disposer d'une section horizontale constante, la forme de cette rainure étant facilement modulable, par simple adaptation de la surface latérale intérieure 20 et de la surface latérale extérieure 22.

La rainure 24 ainsi obtenue permet d'offrir un espace dans lequel des moyens de scellement 26 (représentés sur la figure 2) vont permettre la fixation par scellement du couvercle 6 sur le corps principal creux 2 du conteneur 1.

En référence à la figure 2, sur laquelle le conteneur 1 est représenté dans un état fermé et fixé, on voit que les moyens de scellement 26, préalablement coulés dans la rainure 24 prévue initialement entre le couvercle 6 et le corps principal creux 2, ont été introduits dans cette rainure 24 de manière à occuper l'intégralité de l'espace défini par cette rainure. Par ailleurs, lorsque les moyens de scellement 26 sont dans un état solidifié tel que celui représenté sur la figure 2, les surfaces 20 et 22 de la rainure 24 ne sont plus apparentes (mais tout de même schématisées en pointillés afin de faciliter la compréhension), et les moyens de scellement 26 ne sont plus en contact direct avec le couvercle 6 et le corps principal creux 2. En effet, le couvercle 6 et le corps principal creux 2 d'une part, et les moyens de scellement 26 d'autre part, sont séparés par une zone de liaison 28, disposant d'une forme sensiblement identique à celle de la paroi de la rainure 24 initialement prévue, sur une épaisseur 29 pouvant aller de 10  $\mu\text{m}$  à 5 mm, et étant de préférence de l'ordre de 2 mm.

La zone de liaison 28, située sensiblement à l'emplacement initial de la surface latérale extérieure 22 et de la surface latérale intérieure 20, résulte d'une réaction chimique produite entre le couvercle 6 et le corps principal creux 2 d'une part,

et les moyens de scellement 26 d'autre part, lors de la coulée des moyens de scellement 26 dans la rainure 24. De cette façon, la zone de liaison 28 assure une liaison mécanique rigide entre les moyens de scellement 26 et les deux principaux éléments 2 et 6 du conteneur 1, cette spécificité de l'invention assurant une étanchéité parfaite du conteneur.

Afin d'obtenir la zone de liaison 28 par réaction chimique, le corps principal creux 2 et le couvercle 6 sont réalisés dans au moins un premier matériau métallique, et de préférence dans le même matériau tel que l'acier ou une fonte. Par ailleurs, les moyens de scellement 26 sont réalisés dans un second matériau métallique, tel qu'une fonte, du zinc ou l'un de ses alliages, de l'acier, de l'aluminium ou l'un de ses alliages, ou encore tout autre matériau métallique susceptible de présenter une réactivité avec le premier matériau métallique retenu, afin de réagir chimiquement avec ce dernier et de constituer une zone de liaison 28 comportant des composés intermétalliques.

Ainsi, à titre d'exemple non limitatif, lorsque le couvercle 6 et le corps principal creux 2 sont en acier et que les moyens de scellement 26 sont en fonte, ces deux matériaux sont aptes à réagir l'un avec l'autre lorsque la fonte est encore liquide, de manière à former une zone de liaison 28 composée d'un alliage fer-carbone, obtenu par diffusion du carbone de la fonte vers l'acier. Une fois la réaction chimique terminée et les moyens de scellement 26 solidifiés, la zone de liaison 28 présente un gradient de carbone dans une direction allant des moyens de scellement 26 vers

le couvercle 6 ou le corps principal creux 2 du  
conteneur 1, et la structure de cette zone de liaison  
28 évolue depuis un mélange de ferrite et de perlite  
jusqu'à une fonte, en passant par une structure d'acier  
5 eutectoïde puis hyper-eutectoïde.

De la même manière et toujours à titre  
d'exemple, lorsque les moyens de scellement 26  
comportent du zinc ou de l'aluminium, les zones de  
liaison 28 obtenues sont respectivement composées d'un  
10 alliage fer-zinc et d'un alliage fer-aluminium,  
assurant le maintien mécanique rigide entre les moyens  
de scellement 26 et le deux éléments principaux 2 et 6  
du conteneur 1. De plus, dans le cas de l'utilisation  
de zinc ou de l'un de ses alliages, il a été remarqué  
15 que la zone de liaison 28 disposait d'une structure  
similaire à celle pouvant être observée dans le cas  
d'opérations de galvanisation réalisées par trempe  
d'éléments en acier dans du zinc liquide.

Enfin, un dernier exemple concerne le cas  
20 où les premier et second matériaux sont en acier, ceux-  
ci étant alors choisis de manière à ce qu'une diffusion  
de carbone soit possible lorsque les moyens de  
scellement 26 sont à l'état liquide, afin d'obtenir une  
zone de liaison 28 en alliage fer-carbone présentant un  
25 gradient de carbone dans une direction allant des  
moyens de scellement 26 vers le couvercle 6 ou le corps  
principal creux 2 du conteneur 1.

Afin de renforcer encore davantage la  
fixation du couvercle 6 sur le corps principal creux 2  
30 du conteneur 1, il est possible d'adapter la géométrie  
initiale de la rainure 24, formée par la surface

latérale intérieure 20 et la surface latérale extérieure 22.

A cet effet, en référence à la figure 1, la surface latérale extérieure 22 du couvercle 6 peut  
5 comprendre deux portions 30 et 32 adjacentes inclinées respectivement d'un angle  $\alpha$  et d'un angle  $\beta$  par rapport à une direction 34 parallèle à l'axe principal longitudinal du conteneur 1, les angles  $\alpha$  et  $\beta$  étant  
10 aigus et opposés afin d'obtenir un effet de coin lorsque l'on désire extraire le couvercle 6 du corps principal creux 2. Comme on peut le voir sur la figure 1, la portion supérieure 32 est inclinée de manière à se rapprocher de l'axe principal longitudinal en s'éloignant vers la portion supérieure du conteneur 1,  
15 tandis que la portion inférieure 30 est inclinée de manière à se rapprocher de l'axe principal longitudinal en s'éloignant vers une portion inférieure du conteneur 1.

De plus, notons que la surface latérale  
20 intérieure 20 du corps principal creux 2 peut également comprendre une portion 36 inclinée de la même façon que la portion supérieure 32 de la surface latérale extérieure 22, à savoir de manière à se rapprocher de l'axe principal longitudinal en s'éloignant vers la  
25 portion supérieure du conteneur 1, cette portion 36 étant de préférence en regard de la portion supérieure 32 de la surface latérale extérieure 22. Ainsi, lorsque les moyens de scellement 26 prennent place dans la rainure 24, la partie de ces moyens de scellement 26 se  
30 trouvant entre les portions 32 et 36 initialement prévues, prend sensiblement la forme d'une calotte

assurant un maintien mécanique supplémentaire du couvercle 6 sur le corps principal creux 2. Naturellement, la forme de la rainure 24 peut être conçue de toute autre manière visant à prévoir une  
5 géométrie assurant un maintien du couvercle 6 sur le corps principal creux 2, lorsque les moyens de scellement 26 sont solidifiés à l'intérieur de cette rainure 24 initialement prévue, sans sortir du cadre de l'invention.

10 Enfin, notons que la rainure 24 dispose d'une largeur variable, pouvant par exemple s'étendre entre 10 et 20 mm, et étant de l'ordre de 15 mm au niveau des portions 32 et 36 en regard.

L'invention concerne également un procédé  
15 de fermeture de conteneur, tel que celui qui vient d'être décrit ci-dessus.

Selon un premier mode de réalisation préféré du procédé selon l'invention qui va être décrit ci-dessous, le premier matériau métallique choisi pour  
20 réaliser le couvercle 6 et le corps principal creux 2 est de l'acier, par exemple du type E24, tandis que le second matériau métallique coulé employé pour former les moyens de scellement 26 est une fonte, par exemple du type EN-GJS-400-15.

25 La première étape de ce procédé consiste à mettre en place le couvercle 6 sur le corps principal creux 2 du conteneur 1, de manière à former la rainure 24, comme cela est visible sur la figure 1.

Lors de la réalisation de ce procédé, il  
30 est ensuite préférable d'effectuer une étape de préparation des surfaces de la rainure 24, à savoir la



surface latérale intérieure 20 du corps principal creux 2 et la surface latérale extérieure 22 du couvercle 6.

Pour ce faire, plusieurs solutions sont envisageables. On peut en effet préparer les surfaces 20 et 22 à l'aide d'une technique mécanique telle que le sablage, d'une technique chimique telle que le dégraissage ou le décapage, d'une technique électrochimique ou encore d'un dépôt d'une couche de matériau métallique tel que le zinc ou le nickel. A titre d'exemple, les surfaces 20 et 22 de la rainure 24 peuvent être nickelées afin d'éviter l'oxydation de ces surfaces lors de leur montée en température et en présence d'air. Par ailleurs, les techniques possibles pour déposer la couche de matériau métallique sont prises parmi les techniques classiques de dépôt métallique, comme celle de galvanisation pour le dépôt de zinc. Bien entendu, l'étape de préparation des surfaces 20 et 22 de la rainure 24 peut consister en la combinaison de plusieurs des techniques mentionnées ci-dessus.

La préparation des surfaces 20 et 22 de la rainure 24 achevée, ces surfaces 20 et 22 peuvent alors subir une étape de préchauffage à basse température pour éviter leur oxydation, par exemple de l'ordre de 400°C, à l'aide de colliers chauffants électriques ou de tout autre moyen assurant une telle fonction. Notons que cette opération peut être effectuée sous gaz neutre pour éviter totalement les effets néfastes que pourrait provoquer une oxydation des surfaces 20 et 22 de la rainure 24.

Ensuite, il est procédé à la coulée de la fonte dans la rainure 24, de manière à former les moyens de scellement 26 représentés sur la figure 2.

En référence à la figure 3, il est représenté un agencement possible pour réaliser la coulée du second matériau métallique dans la rainure 24, cette dernière étant annulaire d'axe identique à l'axe principal longitudinal 38 du conteneur 1.

Comme on peut l'apercevoir sur cette figure, des moyens de coulée de la fonte 40, assemblés sur le couvercle 6 du conteneur 1, comprennent un récipient 42 dans lequel est située la fonte à l'état liquide. Le récipient 42 est monté de façon pivotante sur un support 44 solidaire de l'extrémité d'un bras 46, ce dernier étant apte à pivoter autour de l'axe principal longitudinal 38 du conteneur 1.

La fonte liquide reposant dans le récipient est susceptible d'être déversée dans un orifice prenant la forme d'un entonnoir 48, également monté sur le bras 46 des moyens 40. L'entonnoir 48 communique alors avec un conduit d'évacuation 50, dont l'extrémité 52 est orientée à proximité et en regard de la rainure 24. Notons que l'entonnoir 48 est par ailleurs apte à pivoter selon un axe parallèle à l'axe de rotation entre le récipient 42 et le support 44, cette spécificité étant prévue afin d'assurer un déversement propre de la fonte liquide dans l'entonnoir 48, quelle que soit la quantité de fonte présente dans le récipient 42. D'autre part, les rotations des éléments 42 et 48 par rapport au support 44 peuvent être

réalisées manuellement, respectivement à l'aide de poignées 54 et 56.

Ainsi, en faisant pivoter le bras 46 tout autour de l'axe 38, l'extrémité 52 du conduit d'évacuation de fonte 50 peut décrire un mouvement circulaire lui permettant d'être constamment en regard du fond de la rainure 24, cette caractéristique spécifique assurant alors la possibilité de se prévaloir d'une répartition uniforme de la fonte à l'intérieur de cette rainure 24, lors de la mise en œuvre de l'opération de coulée.

Dans ce premier mode de réalisation préféré du procédé selon l'invention, la fonte est ensuite coulée dans la rainure 24, par exemple à une température avoisinant 1470°C. Comme cela vient d'être indiqué, la coulée de la fonte s'effectue en mettant le bras 46 des moyens 40 en rotation autour de l'axe principal longitudinal 38, indifféremment de façon manuelle ou automatique.

Avant que la coulée réalisée ne soit directement destinée à former les moyens de scellement 26, la fonte peut être coulée en excès et en continue, afin de chauffer et laver les surfaces 20 et 22 de la rainure 24, préalablement nickelées. Un système de récupération de la fonte excédentaire (non représenté) peut alors consister en des moyens d'évacuation de la fonte situés en bas de la rainure 24, ou encore en des moyens agencés en surface pour récupérer la fonte débordante de cette rainure.

La coulée de fonte en excès pendant une période déterminée permet ainsi d'éliminer les

impuretés présentes dans la rainure 24, et de dissoudre rapidement la couche de nickel déposée sur les surfaces 20 et 22, dans le but d'obtenir des surfaces en acier 20 et 22 propres autorisant une bonne réaction chimique avec la fonte. La période de coulée en excès peut notamment être déterminée en fonction de la température optimale à atteindre pour les surfaces 20 et 22 de la rainure 24, donc en tenant compte de paramètres divers tels que de la superficie de ces surfaces 20 et 22, du débit de fonte, de la température de la fonte, etc. Par ailleurs, il est noté que cette période peut aussi dépendre de l'épaisseur du dépôt métallique préalablement effectué sur les surfaces 20 et 22 de la rainure 24.

Typiquement, pour une surface totale de la rainure 24 d'environ 400 cm<sup>2</sup>, le temps de remplissage est d'environ 40 secondes et la quantité de fonte coulée en excès pour le lavage et le chauffage est de l'ordre de 250 kg, soit un débit de lavage de 0,06 kg/s.cm<sup>2</sup>.

Lorsque les moyens de scellement sont coulés dans la rainure 24 et que les opérations de chauffage et de lavage de cette rainure 24 sont achevées, une étape ultime consiste à chauffer la fonte de sorte qu'elle reste liquide dans la rainure 24. Cette étape a pour principal objectif de favoriser la diffusion du carbone depuis la fonte des moyens de scellement 26, vers l'acier du corps principal creux 2 et du couvercle 6 du conteneur 1. La diffusion de carbone permet alors d'obtenir une zone de liaison 28 en alliage fer-carbone, assurant une liaison mécanique

et étanche, directement entre les moyens de scellement 26 d'une part, et le corps principal creux 2 et le couvercle 6 d'autre part.

Cette étape de chauffage de la fonte dans la rainure 24 peut s'effectuer à l'aide de moyens de chauffage classiques tels que des colliers chauffants électriques (non représentés), à une température de l'ordre de 500°C pendant environ 2 heures. Il est précisé que la durée de chauffage peut être adaptée de manière à ce que la réaction chimique entre les premier et second matériaux métalliques soit terminée, ou de façon à ce que la zone de liaison 28 soit suffisamment importante pour engendrer une parfaite liaison mécanique étanche entre le couvercle 6 et le corps principal creux 2 du conteneur 1.

Comme mentionné ci-dessus dans la description du conteneur 1, la zone de liaison 28, obtenue suite à la mise en œuvre d'un tel procédé, dispose d'une microstructure évoluant sur une épaisseur d'environ 2 mm, depuis un mélange de ferrite et de perlite jusqu'à une fonte, en passant par une structure d'acier eutectoïde puis hyper-eutectoïde.

Des tests ont alors démontré que la zone de liaison 28 disposait d'une résistance à la rupture d'environ 276 MPa, pour une limite d'élasticité de 146 MPa à 0,2%, et d'un allongement à la rupture de l'ordre de 33,1%.

Dans un second mode de réalisation préféré du procédé selon l'invention, lorsque le second matériau métallique est choisit parmi le zinc et ses alliages et que le premier matériau métallique reste de

l'acier, les surfaces 20 et 22 de la rainure 24 ne subissent pas de préparation par dépôt métallique comme le nickel, mais sont décapées de manière à obtenir des surfaces 20 et 22 susceptibles de réagir facilement  
5 avec le zinc coulé.

Les autres étapes du procédé sont réalisées sensiblement de la même façon que celles mentionnées dans le premier mode de réalisation préféré de l'invention, à la différence que le zinc est coulé aux  
10 alentours de 470°C, et que le chauffage post-coulée est maintenu à 500°C pendant 4 heures.

Après solidification du second matériau métallique, la zone de liaison 28 est composée d'un alliage fer-zinc, sensiblement identique à celui obtenu  
15 lors d'une galvanisation réalisée par trempe de pièces en acier dans du zinc liquide.

En outre, de façon générale, quel que soit le premier matériau métallique retenu, l'emploi du zinc ou de l'un de ses alliages comme second matériau  
20 métallique est avantageux en ce sens que la réouverture du couvercle 6 peut être facilement envisagée par fusion des moyens de scellement 26, en raison de la faible température de fusion de ce type de matériau.

Selon un troisième mode de réalisation préféré du procédé selon l'invention, lorsque le second matériau métallique est choisit parmi l'aluminium et ses alliages et que le premier matériau métallique reste de l'acier, les étapes sont similaires à celles décrites précédemment dans les deux premiers modes de  
25 réalisation préférés, à la différence que l'étape de coulée est préférentiellement effectuée sous protection  
30

d'un gaz neutre. Ces conditions opératoires spécifiques permettant de travailler à l'abri de l'atmosphère oxydante, interdisent par conséquent la formation d'une couche d'alumine sur les surfaces 20 et 22 de la rainure 24, qui serait fortement préjudiciable à la réaction chimique entre le fer et l'aluminium, et donc aux performances mécaniques de la zone de liaison 28.

Enfin, il est précisé que la réouverture du couvercle 6 scellé sur le corps principal creux 2 du conteneur 1 peut facilement s'effectuer par fusion des moyens de scellement 26. Cette fusion s'effectue préférentiellement à l'aide d'un chauffage au chalumeau, au laser, par induction ou encore par résistors.

Bien entendu, diverses modifications peuvent être apportées par l'homme du métier au conteneur 1 pour matières radioactives et au procédé de fermeture d'un tel conteneur qui viennent d'être décrits, uniquement à titre d'exemples non limitatifs.

## REVENDICATIONS

1. Conteneur (1) pour matières radioactives comprenant un corps principal creux (2) ainsi qu'un couvercle (6) réalisés dans au moins un premier matériau métallique, ledit couvercle (6) étant susceptible d'être fixé sur le corps principal creux (2) par l'intermédiaire de moyens de scellement (26) réalisés dans un second matériau métallique coulé dans une rainure (24) définie par le couvercle (6) et le corps principal creux (2) du conteneur (1), caractérisé en ce que le couvercle (6) et le corps principal creux (2) sont solidarisés auxdits moyens de scellement (26) à l'aide d'une zone de liaison (28), formée par réaction chimique entre les premier et second matériaux métalliques.

2. Conteneur (1) selon la revendication 1, dans lequel chaque premier matériau métallique est un matériau pris parmi le groupe constitué de la fonte et de l'acier.

3. Conteneur (1) selon la revendication 1 ou la revendication 2, dans lequel le second matériau métallique coulé est un matériau pris parmi le groupe constitué du zinc et de ses alliages.

4. Conteneur (1) selon la revendication 2, dans lequel le second matériau métallique coulé est une fonte, la zone de liaison (28) étant composée d'un alliage fer-carbone.

5. Conteneur (1) selon la revendication 2, dans lequel le second matériau métallique coulé est de l'acier, la zone de liaison (28) étant composée d'un alliage fer-carbone.



6. Conteneur (1) selon la revendication 2, dans lequel le second matériau métallique coulé est un matériau pris parmi le groupe constitué de l'aluminium et de ses alliages, la zone de liaison (28) étant  
5 composée d'un alliage fer-aluminium.

7. Conteneur (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la zone de liaison (28) dispose d'une épaisseur moyenne (29) comprise entre 10  $\mu\text{m}$  et 5 mm.

10 8. Conteneur (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le couvercle (6) comporte une surface latérale extérieure (22) définissant partiellement ladite rainure (24) et comprenant deux portions adjacentes (30,32) inclinées  
15 respectivement d'un angle  $\alpha$  et d'un angle  $\beta$  par rapport à une direction (34) parallèle à un axe principal longitudinal du conteneur (38), les angles  $\alpha$  et  $\beta$  étant aigus et opposés afin d'obtenir un effet de coin.

9. Procédé de fermeture d'un conteneur (1)  
20 pour matières radioactives comprenant un corps principal creux (2) ainsi qu'un couvercle (6) réalisés dans au moins un premier matériau métallique, ledit procédé comportant une étape de mise en place du couvercle (6) sur ledit corps principal creux (2) du  
25 conteneur (1) de manière à former une rainure (24) entre ces deux éléments (2,6), suivie d'une étape de réalisation de moyens de scellement (26) assurant la fixation du couvercle (6) sur le corps principal creux (2) du conteneur (1) en coulant un second matériau  
30 métallique dans ladite rainure (24), caractérisé en ce que l'on choisit le second matériau métallique de sorte

qu'il soit apte à réagir chimiquement avec chaque premier matériau métallique, de manière à former une zone de liaison (28) entre d'une part les moyens de scellement (26), et d'autre part le couvercle (6) et le corps principal creux (2) du conteneur (1).

10. Procédé selon la revendication 9, dans lequel l'étape de mise en place du couvercle (6) est suivie d'une étape de préchauffage du premier matériau constituant la rainure (24).

10 11. Procédé selon la revendication 10, dans lequel l'étape de préchauffage est précédée d'une étape de préparation des surfaces (20,22) de la rainure (24).

12. Procédé selon la revendication 11, dans lequel l'étape de préparation des surfaces (20,22) de la rainure (24) est réalisée à l'aide d'au moins une technique de préparation prise parmi le groupe constitué des techniques mécaniques, chimiques et électrochimiques de préparation de surfaces, et des techniques de dépôt de couche de matériaux métalliques.

20 13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 12, dans lequel l'étape de réalisation des moyens de scellement (26) est précédée d'une étape de coulée en excès du second matériau métallique dans ladite rainure (24) pendant une période déterminée, de manière à provoquer un chauffage du premier matériau métallique constituant ladite rainure (24) ainsi qu'un lavage des surfaces (20,22) de cette rainure.

30 14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 13, dans lequel l'étape de réalisation des moyens de scellement (26) par coulée du

second matériau métallique dans ladite rainure (24) est suivie d'une étape de chauffage de ce second matériau reposant dans ladite rainure (24), afin de favoriser la réaction chimique entre les premier et second matériaux

5 métalliques.

1 / 3

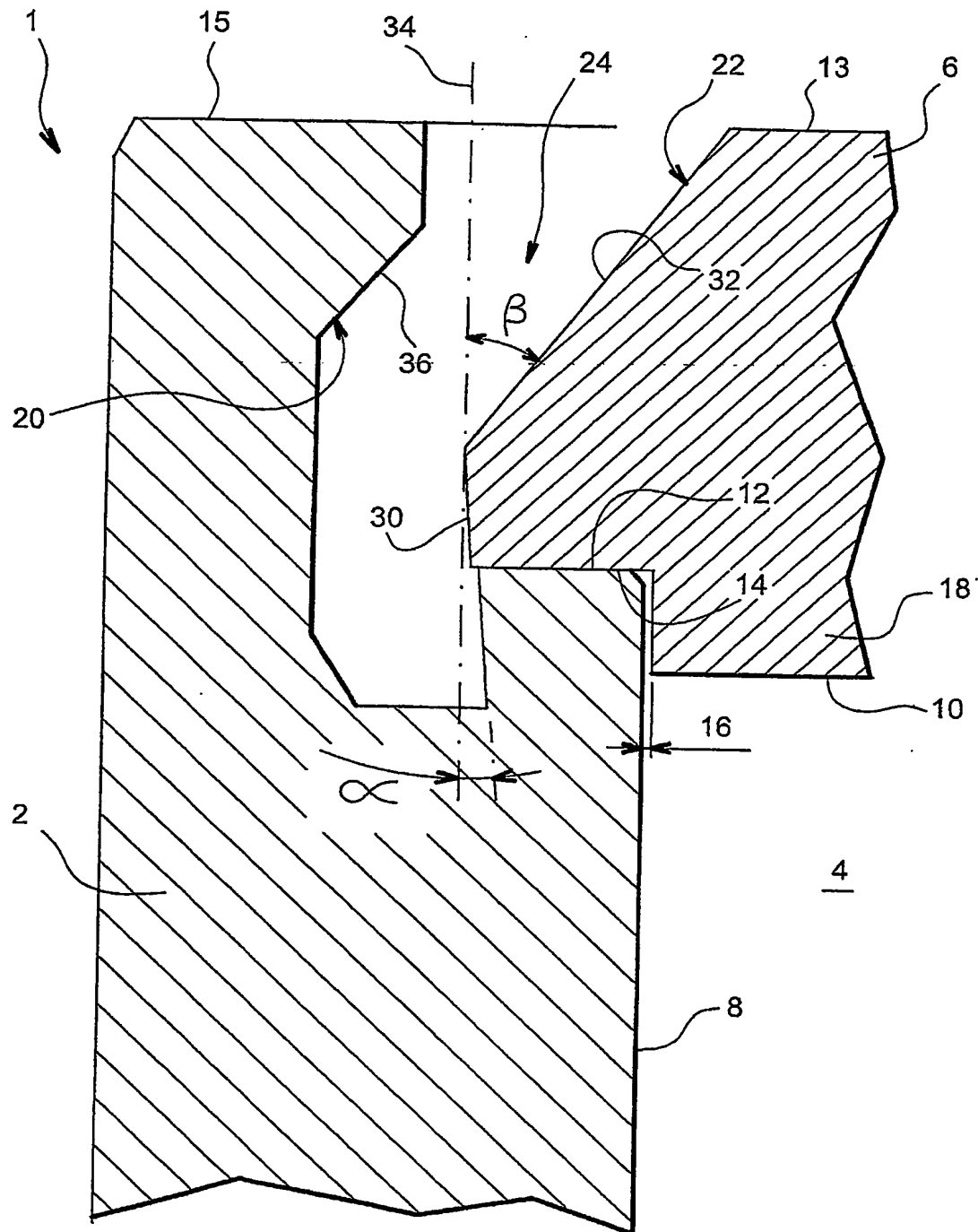


FIG. 1

2 / 3

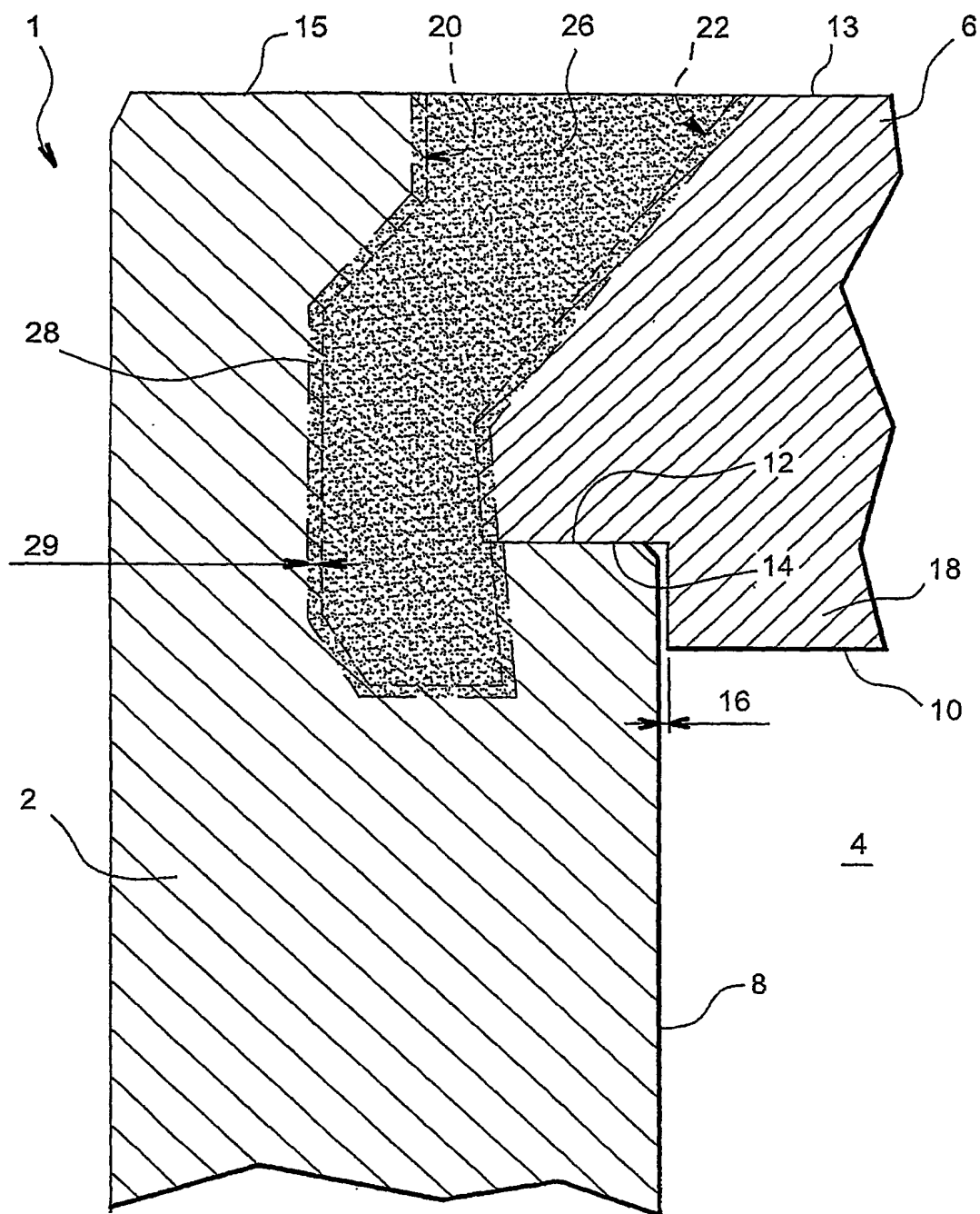
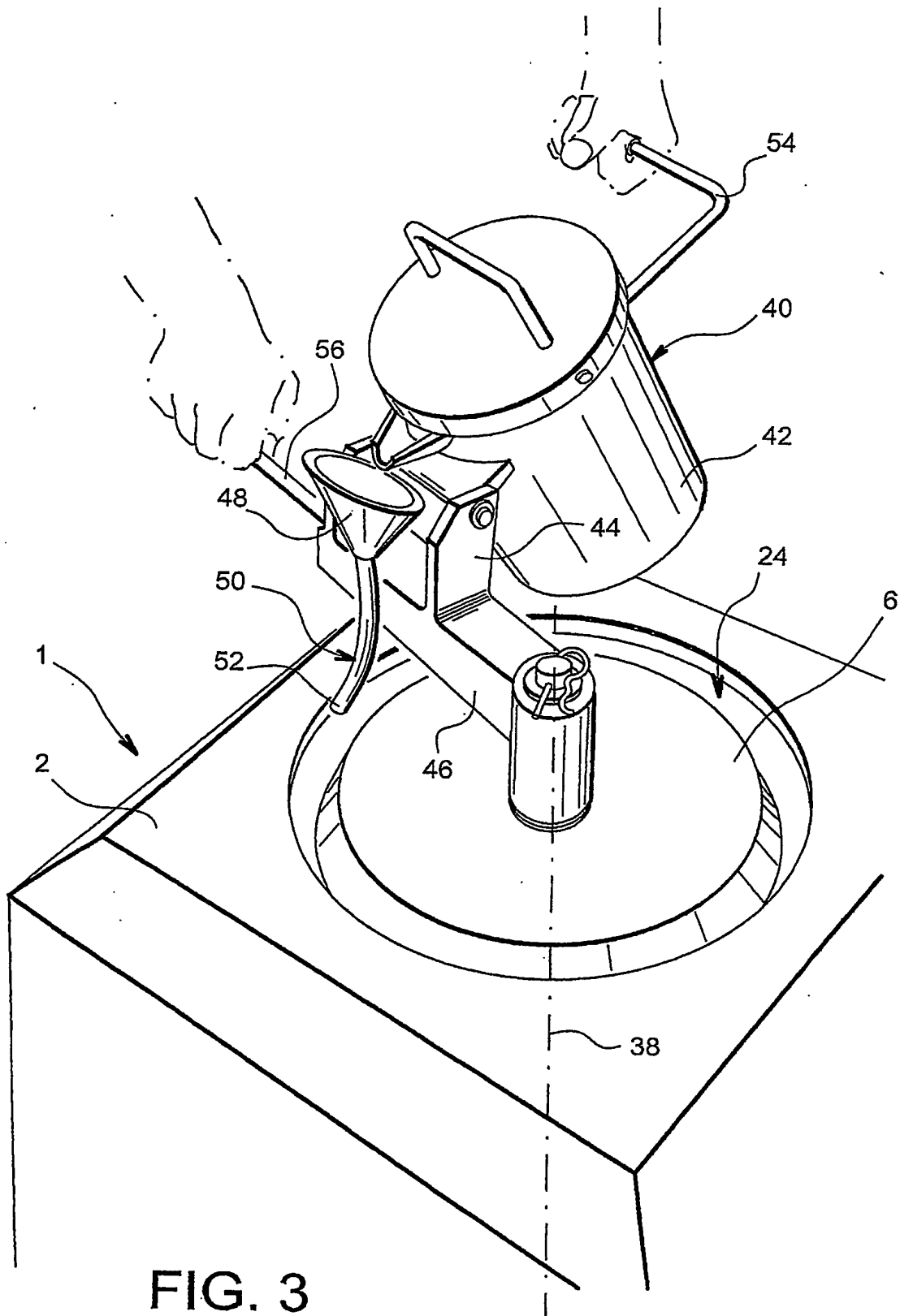


FIG. 2

3 / 3



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.  
PCT/EP 03/02852

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 G21F5/12 B22D19/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 G21F B22D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	DE 34 05 733 A (STEAG KERNENERGIE GMBH) 29 August 1985 (1985-08-29) page 5, line 14-21 page 7, line 23-32 page 11, line 18 -page 12, line 20 page 14, line 11 -page 15; figure 6	1,2,4,5, 8-10,13 3
X	US 4 508 969 A (JANBERG KLAUS ET AL) 2 April 1985 (1985-04-02) column 1, line 6-8 column 2, line 14-26 column 2, line 64 -column 3, line 39 column 3, line 67 -column 4, line 5; figures 4-7	1,2,4,5, 8-10
	--- -/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 February 2004

Date of mailing of the international search report

05/03/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Jandl, F

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

FR 03/02852

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 34 05 735 A (STEAG KERNENERGIE GMBH) 29 August 1985 (1985-08-29) page 4, line 12-17 page 6 page 10, line 21 -page 11, line 13; figures 2,4	1,2,6, 8-10
Y	US 3 116 767 A (JEAN BLIN ET AL) 7 January 1964 (1964-01-07) column 1, line 11-22 column 1, line 43 -column 2, line 15; figure 1	3
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 02, 30 January 1998 (1998-01-30) & JP 09 262658 A (AISIN SEIKI CO LTD), 7 October 1997 (1997-10-07) abstract	1-3



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/JP 03/02852

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 3405733	A	29-08-1985	DE 3405733 A1	29-08-1985
US 4508969	A	02-04-1985	EP 0042882 A1	06-01-1982
			AT 15956 T	15-10-1985
			CA 1181036 A1	15-01-1985
			DE 3071142 D1	07-11-1985
			JP 57040697 A	06-03-1982
DE 3405735	A	29-08-1985	DE 3405735 A1	29-08-1985
US 3116767	A	07-01-1964	FR 1279226 A	22-12-1961
			BE 596008 A	
			CH 371191 A	15-08-1963
			GB 946313 A	08-01-1964
			LU 39284 A1	14-12-1960
JP 09262658	A	07-10-1997	NONE	

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

FR 03/02852

**A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE**  
CIB 7 G21F5/12 B22D19/04

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

**B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE**

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 G21F B22D

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, PAJ

**C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	DE 34 05 733 A (STEAG KERNENERGIE GMBH) 29 août 1985 (1985-08-29) page 5, ligne 14-21 page 7, ligne 23-32 page 11, ligne 18 -page 12, ligne 20 page 14, ligne 11 -page 15; figure 6	1,2,4,5, 8-10,13 3
Y		
X	US 4 508 969 A (JANBERG KLAUS ET AL) 2 avril 1985 (1985-04-02) colonne 1, ligne 6-8 colonne 2, ligne 14-26 colonne 2, ligne 64 -colonne 3, ligne 39 colonne 3, ligne 67 -colonne 4, ligne 5; figures 4-7	1,2,4,5, 8-10

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

**° Catégories spéciales de documents cités:**

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*G\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

24 février 2004

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

05/03/2004

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Jandl, F

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PCT/R 03/02852

## C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	DE 34 05 735 A (STEAG KERNENERGIE GMBH) 29 août 1985 (1985-08-29) page 4, ligne 12-17 page 6 page 10, ligne 21 -page 11, ligne 13; figures 2,4	1,2,6, 8-10
Y	US 3 116 767 A (JEAN BLIN ET AL) 7 janvier 1964 (1964-01-07) colonne 1, ligne 11-22 colonne 1, ligne 43 -colonne 2, ligne 15; figure 1	3
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 02, 30 janvier 1998 (1998-01-30) & JP 09 262658 A (AISIN SEIKI CO LTD), 7 octobre 1997 (1997-10-07) abrégé	1-3

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No  
PCT/82/03/02852

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 3405733	A	29-08-1985	DE 3405733 A1	29-08-1985
US 4508969	A	02-04-1985	EP 0042882 A1	06-01-1982
			AT 15956 T	15-10-1985
			CA 1181036 A1	15-01-1985
			DE 3071142 D1	07-11-1985
			JP 57040697 A	06-03-1982
DE 3405735	A	29-08-1985	DE 3405735 A1	29-08-1985
US 3116767	A	07-01-1964	FR 1279226 A	22-12-1961
			BE 596008 A	
			CH 371191 A	15-08-1963
			GB 946313 A	08-01-1964
			LU 39284 A1	14-12-1960
JP 09262658	A	07-10-1997	AUCUN	